

УДК 669.15'26:621.785.616

К. Ю. Окишев*, А. С. Созыкина

Южно-Уральский государственный университет

(национальный исследовательский университет), г. Челябинск

*okishevki@susu.ru

КИНЕТИКА ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Fe–Cr–C

Представлена модель основных фазовых превращений (растворение карбидов M_7C_3 в аустените при нагреве, выделение вторичных карбидов при охлаждении, перлитного и мартенситного превращений аустенита) в сплавах типа штамповых сталей или износостойких чугунов, относящихся к системе Fe–Cr–C. Модель позволяет предсказывать результаты термической обработки или подбирать химический состав сплава по заданным требованиям.

Ключевые слова: карбиды, аустенит, перлит, мартенсит, термическая обработка, термодинамика, кинетика, модель.

K.Yu. Okishev, A. S. Sozykina

KINETICS OF PHASE TRANSFORMATIONS IN HIGH-CARBON ALLOYS OF THE Fe–Cr–C SYSTEM

A model is presented of phase transformations (dissolution of M_7C_3 carbides in austenite on heating, carbide precipitation on cooling, pearlite and martensite transformations) in the Fe–Cr–C alloys. It permits to predict the results of heat treatment or to select the chemical composition of an alloy for prescribed requirements.

Key words: carbides, austenite, pearlite, martensite, heat treatment, thermodynamics, kinetics, model.

Высокоуглеродистые (преимущественно ледебуритные) сплавы на основе системы Fe–Cr–C применяются в качестве инструментальных сталей (X12, X12МФ), износостойких чугунов и др. Разработано математическое описание всех основных типов превраще-

ний в этих сплавах, позволяющее облегчить подбор режимов составов и режимов термической обработки с использованием расчетных методик. Экспериментальные данные, на которых основаны модели, в основном были взяты из работ [1; 2]. Термодинамические расчеты фазовых равновесий производились на основании описания системы Fe—Cr—C, приведенного в [3].

Аустенитизация сплавов предполагает достижение равновесия γ -твердого раствора с карбидной фазой; обычно это $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$. Однако на практике равновесное состояние достигается далеко не всегда. Разработана модель кинетики растворения карбида $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ в аустените в ходе изотермической выдержки, основывающаяся на теории диффузионного роста Зинера—ХиллERTA, позволяющая предсказывать реальное состояние сплава спустя заданное время выдержки.

При охлаждении сплавов возможны три основных процесса: выделение из аустенита вторичных карбидов, превращение в перлит либо мартенсит (последнее и является целью закалки). Кинетика выделения вторичных карбидов была оценена по повышению мартенситной точки сплавов в зависимости от скорости охлаждения по приведенным в [1] термокинетическим диаграммам распада аустенита, перлитного превращения — по приведенным там же изотермическим диаграммам. Для положения мартенситной точки подобрана новая эмпирическая формула, предназначенная для аустенита с высоким содержанием углерода и хрома. Количество остаточного аустенита оценивалось по формуле Койстинена—Марбургера.

В целом результаты работы создают общую количественную картину всех основных превращений в высокоуглеродистых сплавах Fe—Cr—C, позволяющую предсказывать результаты термической обработки либо подбирать химический состав сплава по заданным требованиям к структурному составу и твердости в термически обработанном состоянии.

Литература

1. Maratray F., Ussegliot-Nanot R. Atlas: courbes de transformation de fontes blanches au chrome et au chrome-molybdène. Paris : ClimaxMolybdenum S.A., 1970. 198 p.
2. Металловедение, физика и механика применительно к процессу обработки графитированных материалов / А. Н. Емелюшин [и др.]. Магнитогорск : МГТУ, 2002. 200 с.
3. Lee B.-J. On the stability of Cr carbides // Calphad. 1992. V. 16, № 2. P. 121—149.